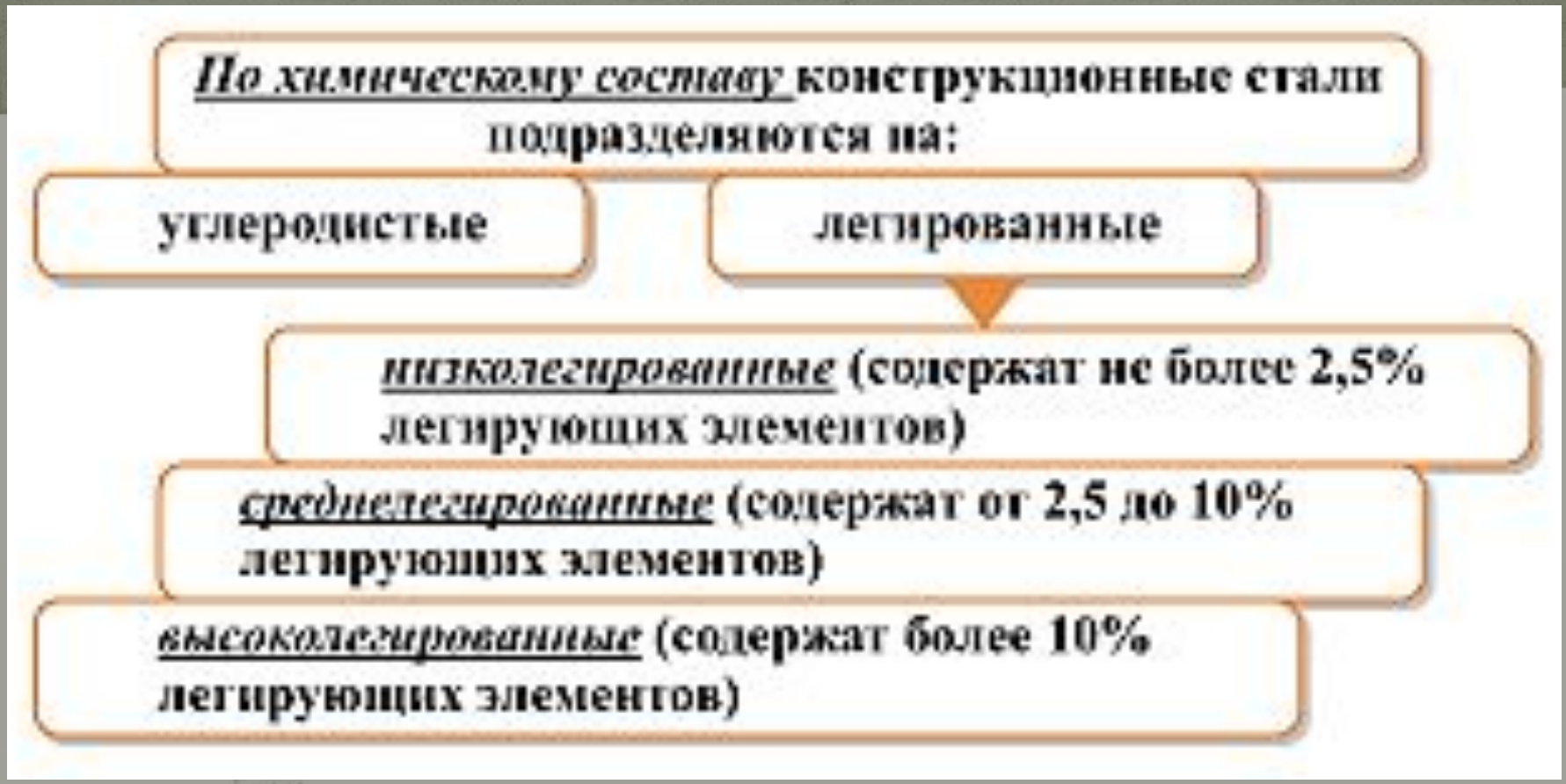
Классификация и маркировка сталей и чугунов

- Сталь – основной металлический материал, применяемый для изготовления всех видов конструкций в различных областях техники.
- Сочетают высокую жёсткость с достаточной статической и циклической прочностью.
- Параметры меняются за счет изменения концентрации углерода, легирующих элементов и технологий термической и химико-термической обработки.

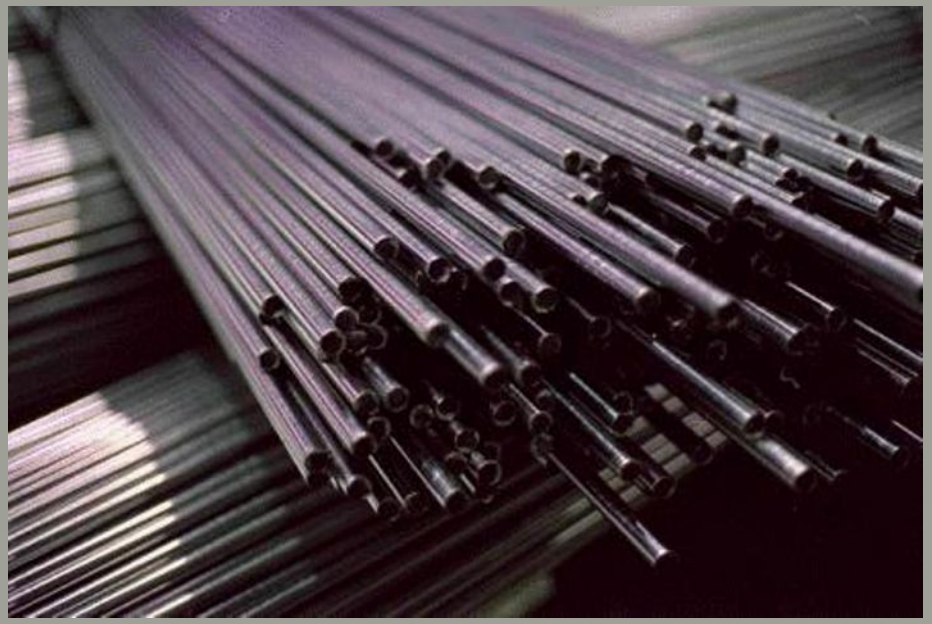
Классификация



Углеродистые стали составляют 85% производства
Легированные – 15%

сталей

- По химическому составу
- По назначению
- По качеству
- По степени раскисления



Классификация стали

1. По **химическому** составу

Углеродистые

a) ***малоуглеродистые, т. е. содержащими углерода менее 0,25%;***
b) ***среднеуглеродистые, содержание углерода составляет 0,25-0,60%***
c) ***высокоуглеродистые, в которых концентрация углерода превышает 0,60%***

Легированные стали

a) ***низколегированные*** содержание легирующих элементов до 2,5%
b) ***среднелегированные***, в их состав входят от 2,5 до 10% легирующих элементов;
c) ***высоколегированные***, которые содержат свыше 10% легирующих элементов.

2. По назначению стали делятся на

a) ***конструкционные**, предназначенные для изготовления строительных и машиностроительных изделий (цементируемые, улучшаемые, высокопрочные, рессорно-пружинные)*
b) ***инструментальные**, из которых изготовляют режущий, мерительный, штамповый и прочие инструменты. Эти стали содержат более 0,65% углерода.*
c) ***с особыми физическими свойствами**, например, с определенными магнитными характеристиками или малым коэффициентом линейного расширения: электротехническая сталь, суперинвар.*
d) ***с особыми химическими свойствами**, например, нержавеющие, жаростойкие или жаропрочные стали.*

3. По качеству стали подразделяются в зависимости от содержания в них вредных примесей (серы и фосфора)

1) ***Стали обыкновенного качества***, содержание до 0.06% серы и до 0,07% фосфора.
2) ***Качественные*** - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
3) ***Высококачественные*** - до 0.025% серы и фосфора.
4) ***Особовысококачественные,*** до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Качество стали также зависит от содержания газов – кислорода, водорода, азота

4. По степени раскисления, т.е. по степени удаления кислорода из стали и характеру затвердевания

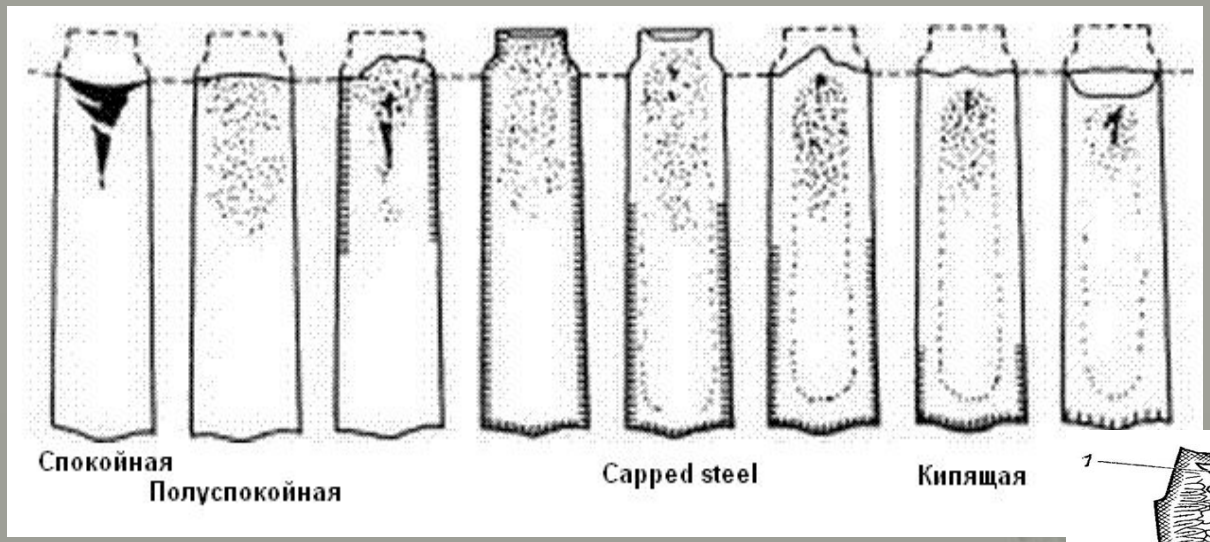
Раскисление – процесс удаления из жидкого металла кислорода, проводимый с целью предотвращения хрупкого разрушения стали при горячей деформации

1) ***спокойные стали***, т. е. полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами “сп” в конце марки (иногда буквы опускаются) – раскисляют марганцем, кремнием и алюминием (FeMn, FeSi, Al или Ti)
2) ***кипящие стали*** - слабо раскисленные; маркируются буквами "кп «, раскисляют марганцем (FeMn);
3) ***полуспокойные стали***, (FeMn и Al) занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

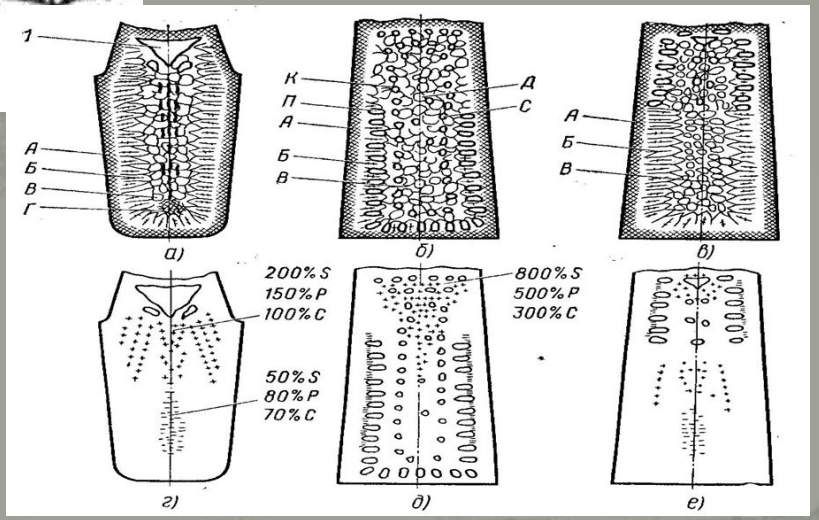
Спокойные (сп)
Полуспокойные (пс)
Кипящие (кп)

Степень раскисления

- ***спокойные стали***, обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются);
- ***кипящие стали*** - маркируются буквами "кп";
- ***полуспокойные стали*** обозначаются буквами "пс".



Строение стальных слитков различных способов раскисления



Влияние постоянных примесей на углеродистые стали

- Содержание железа в стали в зависимости от производства составляет 97,0 – 99,5%
- В стали присутствуют:
  - Углерод – до 2,14%
  - Постоянные примеси – кремний (до 0,8%), марганец (до 0,37%), сера (0,06%), фосфор (0,07%)
  - Скрытые примеси – газы (азот, кислород, водород)
  - Специальные примеси (***легирующие*** элементы, которые вводят для изменения свойств стали в заданном направлении)
  - Случайные примеси (хром, медь)

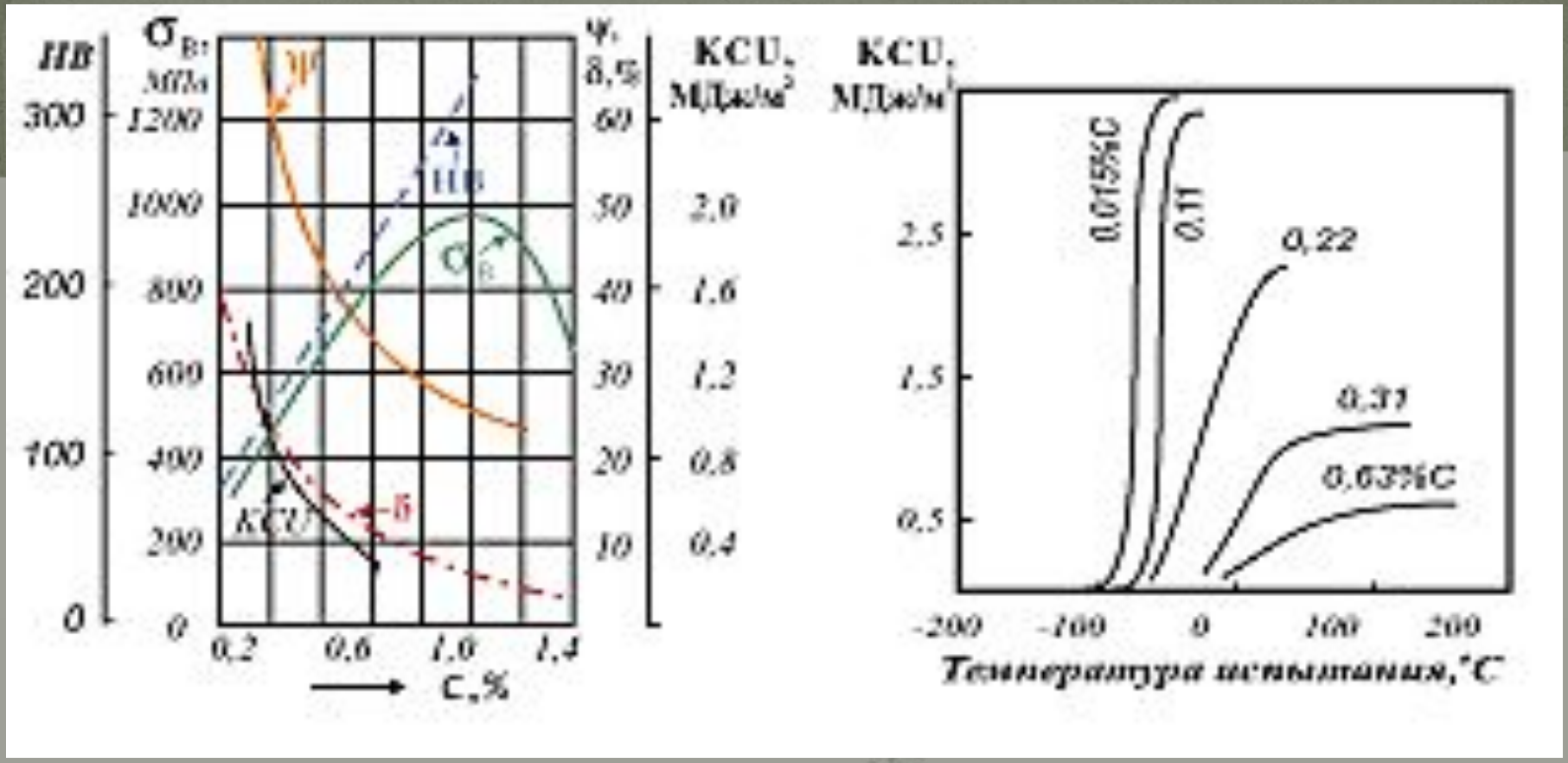
Влияние углерода на сталь

- Низкоуглеродистые стали мягкие, пластичные, хорошо деформируемые
- Среденуглеродистые прочны при небольшой пластичности и вязкости – конструкционные материалы для силовых нагрузок
- Высокоуглеродистые – штампово-инструментальное производство

Влияние углерода на свойства стали

- Увеличение количества углерода приводит к изменению структуры металла: росту зерен цементита и уменьшению феррита
- Прочность повышается до содержания углерода около 1%, а затем она уменьшается, так как образуется грубая сетка цементита вторичного.
  - Уменьшение пластичности
  - Увеличение твердости
  - Повышение прочности
  - Повышение порога хладоломкости
  - Снижение ударной вязкости
  - Повышение электросопротивления
  - Повышение коэрцитивной силы
  - Снижается магнитная проницаемость
  - Ухудшаются литейные свойства (используются стали с содержанием С до 0,4%), свариваемость, обработка давлением и резанием.

Влияние углерода на свойства стали



σ – предел прочности

ψ – относительное сужение после разрыва

δ - относительное удлинение после разрыва

НВ – твердость

KCU – хладоломкость

Влияние примесей

Технологические примеси – марганец и кремний

- Марганец в виде оксида MnO_2 (пиролюзит) увеличивают продольную упругость(модуль Юнга) повышает прочность, не снижая пластичности, снижает красноломкость
- Кремний в виде SiO_2 дегазирует металл и повышает плотность слитка, увеличивает прочность, но снижает пластичность, увеличивает предел текучести
- Содержатся в количестве 0,3-0,8% Mn, 0,17-0,37% Si

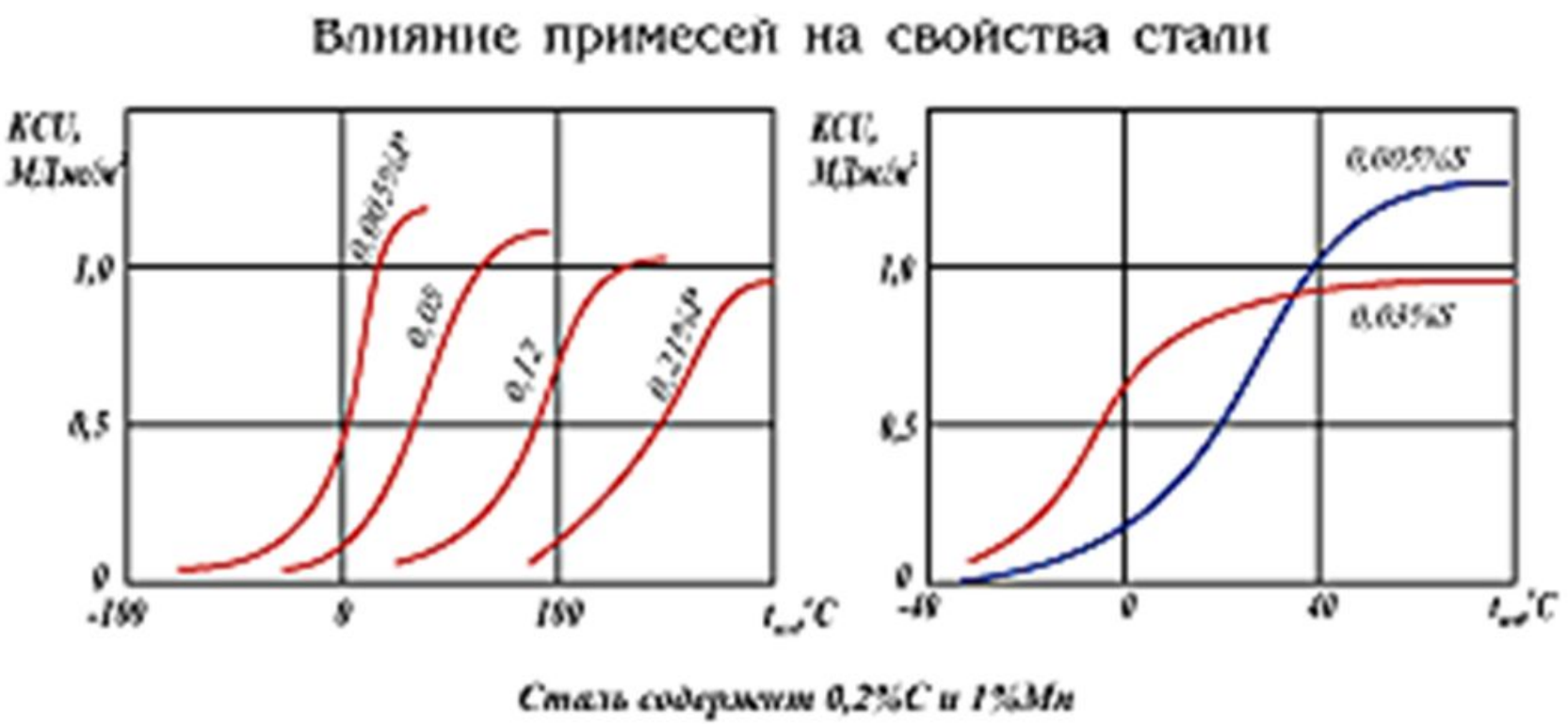
Влияние примесей

Вредные примеси – фосфор и сера

- Фосфор – охрупичивает сталь, вызывает хладоломкость
- Сера - уменьшает пластичность, свариваемость и коррозионную стойкость, придает красноломкость (ухудшается обработка стали в горячем состоянии)

Красноломкость – повышение хрупкости при высоких температурах за счет образования сульфида серы FeS с низкой температурой плавления 988 С

Влияние примесей



Сталь содержит 0,2%C и 1%Mn

Влияние примесей
Скрытые примеси

- Кислород снижает прочность и пластичность
- Азот – понижает предел выносливости и вязкости
- Водород – образует флокены (микроскопические трещины)

- Флокены – тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид хлопьев серебристого цвета

Маркировка стали

1.Стали обыкновенного качества

обозначают буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств. Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер.

Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали.

Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится.

Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Стали обыкновенного качества

- Данные стали в процессе выплавки меньше очищаются от вредных примесей и содержат больше S и P, большое количество неметаллических включений, значительно развита ликвация. Содержание S до 0,05%; P до 0,04%.

Таблица № 1 Состав сталей и механические свойства сталей обыкновенного качества (ГОСТ 380-88)

Массовая доля				Механические свойства			
Марка стали	%C	%Si	%Mn	$\sigma_в$, н/мм^2	$\sigma_т$, н/мм^2	д, %	KCU Дж/см^2 (кгс·м/см^2)
Ст0	$\leq$ 0,23	0,05	0,25-0,5	300		22	
Ст1 сп	0,06 – 0,12	0,15-0,30	0,25-0,5	305-380		34	
Ст3 кп	0,14 – 0,22	$\leq$ 0,07	0,3-0,6	380-460	235	27	
Ст3пс	0,14 – 0,22	0,05-0,15	0,4-0,65	370-480	345	26	108 при -20^{0}C
Ст3сп	0,14 – 0,22	0,12-0,30	0,4-0,65	380-490	355	26	98 при -20^{0}C
Ст6сп	0,38 – 0,49	0,15-0,35	0,5-0,8	590	315	15	

Группы стали

a) сталь **группы А** поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора), предназначена для изготовления изделий без горячей обработки;
b) сталь **группы Б -** по химическому составу для ковки, сварка, термическая обработка, механические свойства не сохраняются;
c) сталь **группы В** - с гарантированными механическими свойствами и химическим составом для производства ответственных сварных конструкций.

Группы	Гарантируемые свойства в состоянии поставки	Марки (с учётом степени раскисления)	Категории
А	Механические свойства	Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп	1, 2, 3
Б	Химический состав	БСт0, БСт1кп, БСт1сп, БСт2кп, БСт2пс, БСт3кп, БСт3пс, БСт3сп, БСт3Гпс, БСт4кп, БСт4пс, БСт6пс, БСт6сп	1, 2
В	Механические свойства и химический состав	ВСт1кп, ВСт1пс, ВСт1сп, ВСт2кп, ВСт2пс, ВСт2сп, ВСт3кп, ВСт3пс, ВСт3сп, ВСт3Гпс, ВСт4кп, ВСт4пс, ВСт4сп, ВСт5пс, ВСт5сп	1, 2, 3, 4, 5, 6

OSVARKE.INFO

Например:

Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А);

ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В);

ВСт0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Сто и Бсто по степени раскисления не разделяют).

2.Качественные стали

1. В начале марки указывают содержание углерода цифрой, соответствующей его средней концентрации;

а) в сотых долях процента для сталей, содержащих до 0,65% углерода;
05кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,05% С;
60 – сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,60% С;

б) в десятых долях процента для индустриальных сталей, которые дополнительно снабжаются буквой "У":
У**7** – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% С, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены);
У**12** - углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,2% С;

2. Легирующие элементы, входящие в состав стали, обозначают русскими буквами:

А – азот К – кобальт Т – титан Б – ниобий
М – молибден Ф- ванадий В – вольфрам Н – никель
Х – хром Г – марганец П – фосфор Ц – цирконий
Д – медь Р – бор Ю – алюминий Е – селен
С – кремний Ч – редкоземельные металлы

Если после буквы, обозначающей легирующий элемент, стоит цифра, то она указывает содержание этого элемента в процентах. Если цифры нет, то сталь содержит 0,8-1,5% легирующего элемента, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой Р его должно быть не менее 0,0010%).

Примеры:

14Г2 – низко легированная качественная сталь, спокойная, содержит приблизительно 0,14% углерода и до 2,0% марганца.

03Х16Н15М3Б - высоко легированная качественная сталь, спокойная содержит 0,03% C, 16,0% Cr, 15,0% Ni, до 3,0% Mo, до 1,0%

Таблица № 2 Химический состав и механические свойства углеродистой качественной стали (ГОСТ 1050-88)

Марка	%C	$\sigma_в$, н/мм^2	$\sigma_т$, н/мм^2	д,%	Щ, %	KCU Дж/см^2
08кп	0,05-0,11	310 (32)	196 (20)	34	60	-
08ю	0,05-0,11	310	196	34	60	-
08	0,05-0,11	310	196	32	60	-
20	0,17-0,24	410	245	28	85	-
30	0,27-0,35	480	294	24	50	78
40	0,37-0,45	560	333	20	45	59
60	0,57-0,65	687	402	12	35	-
Рессорно-пружинные стали						
65	0,62-0,7	676	402	10	35	
70	0,67-0,75	715	421	9	30	
75	0,72-0,8	1078	941	7	30	
80	0,82-0,9	1128	980	6	30	

Высококачественные и особовысококачественные стали

Маркируют, так же как и качественные, но в конце марки высококачественной стали ставят букву А, (эта буква в середине марочного обозначения указывает на наличие азота, специально введённого в сталь), а после марки особовысококачественной - через тире букву "Ш".

Например:

У8А - углеродистая инструментальная высококачественная сталь, содержащая 0,8% углерода;

30ХГС-Ш – особовысококачественная среднелегированная сталь, содержащая 0,30% углерода и от 0,8 до 1,5% хрома, марганца и кремния каждого.

Отдельные группы сталей обозначают несколько иначе.

Шарикоподшипниковые стали маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента:

ШХ6 - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 0,6% хрома;

ШХ15ГС - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1,5% хрома и от 0,8 до 1,5% марганца и кремния.

Быстрорежущие стали (сложнолегированные) обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама:

Р18-быстрорежущая сталь, содержащая 18,0% вольфрама;

Р6М5К5-быстрорежущая сталь, содержащая 6,0% вольфрама 5,0% молибдена 5,0% кобальта.

Автоматные стали обозначают буквой "А" и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента:

А12 - автоматная сталь, содержащая 0,12% углерода (все автоматные стали имеют повышенное содержание серы и фосфора);

А40Г - автоматная сталь с 0,40% углерода и повышенным до 1,5% содержанием марганца.

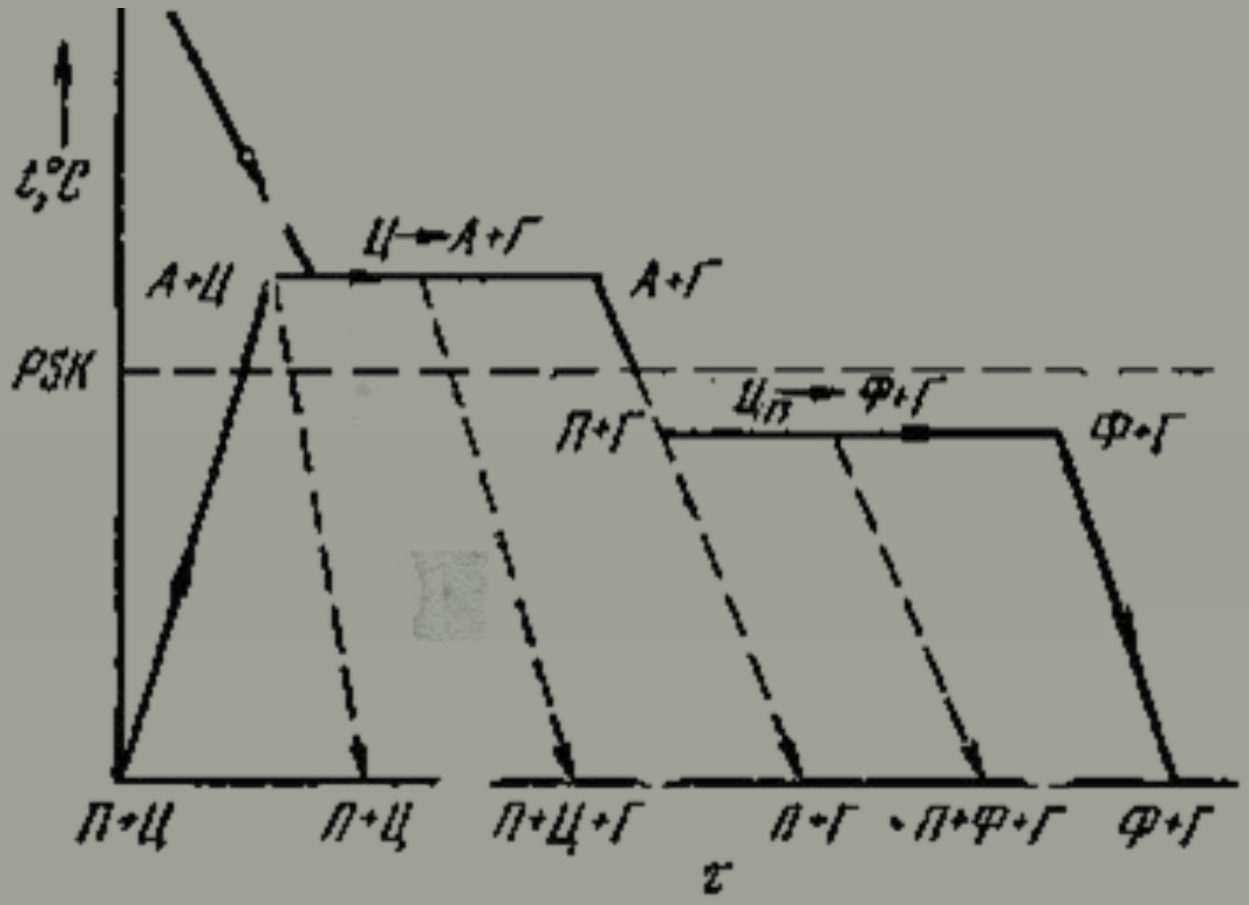
Предназначены для обработки резанием

Чугуны

- Чугун – это железоуглеродистый сплав с содержанием углерода >2,14 % и примесями в десятых долях процентов.
- В чугуне содержатся примеси в десятых долях : кремний, марганец, сера, фосфор и др.
- С целью улучшения свойств в чугуны могут вводиться легирующие элементы, такие как хром, никель, медь и др.
- Обладают пониженной температурой плавления и хорошими литейными свойствами.
- Широко применяются в машиностроении

Графитизация

Графитизация – образование графита из жидкой фазы происходит при медленном охлаждении и при разложении цементита.
Структура чугунов зависит от степени графитизации.
Чем выше содержание углерода, тем больше графита и ниже механические свойства.
Углерода не должно быть больше , чем 3,8%



Влияние графита на механические свойства отливок.

- Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл.
- Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита.
- Пластичность зависит от формы таким же образом. Относительное удлинение ( ) для серых чугунов составляет *0,5 %*, для ковких – до *10 %*, для высокопрочных – до *15%*.
- Наличие графита наиболее резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения: удар; разрыв.
- Сопротивление сжатию снижается мало.

Положительные стороны наличия графита

- графит улучшает обрабатываемость резанием, так как образуется ломкая стружка;
- чугун имеет лучшие антифрикционные свойства, по сравнению со сталью, так как наличие графита обеспечивает дополнительную смазку поверхностей трения;
- из-за микропустот, заполненных графитом, чугун хорошо гасит вибрации и имеет повышенную циклическую вязкость;
- детали из чугуна не чувствительны к внешним концентраторам напряжений (выточки, отверстия, переходы в сечениях);
- чугун значительно дешевле стали;
- производство изделий из чугуна литьем дешевле изготовления изделий из стальных заготовок обработкой резанием, а также литьем и обработкой давлением с последующей механической обработкой.

Виды чугуна

Серый чугун

Белый чугун

Ковкий чугун

Высокопрочный чугун

Вермикулярный чугун

Классификация чугунов

1. Белые чугуны

углерод связан в цементит

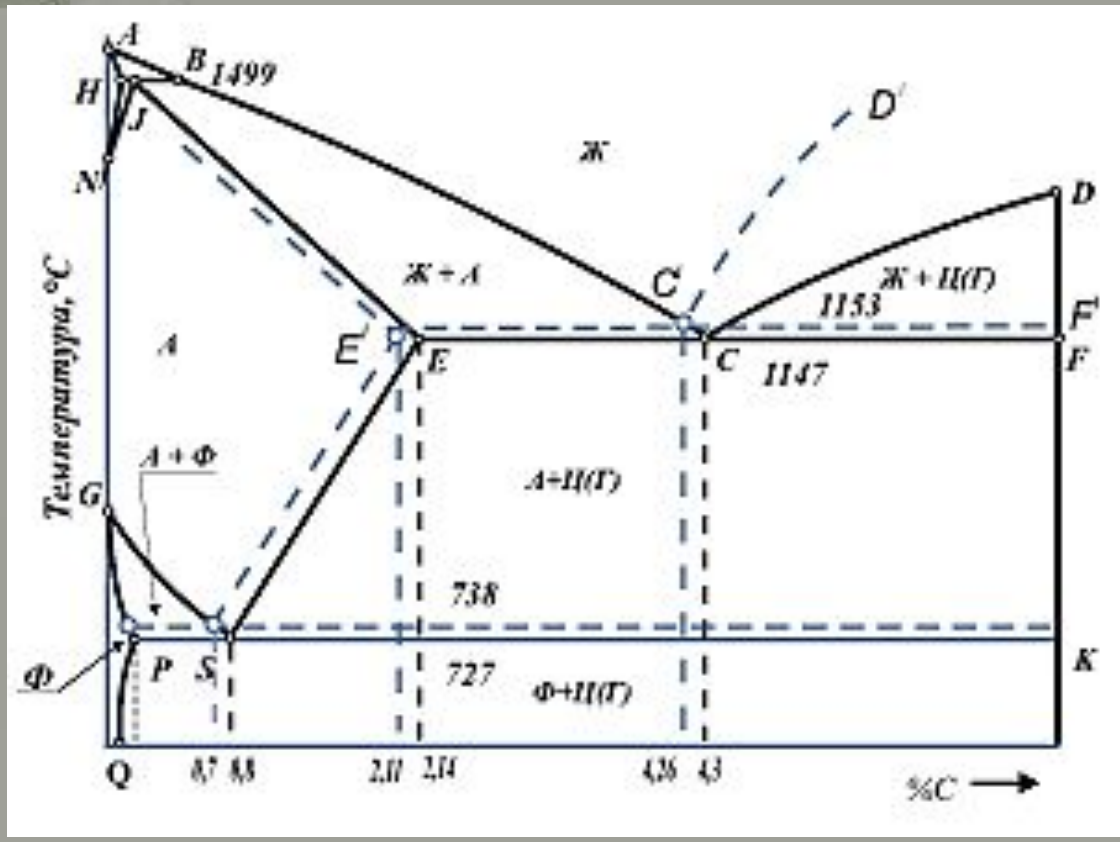
2. Серые чугуны

углерод находится в виде графита

Серые чугуны подразделяются:

- По форме включений графита
  - 1. серые
  - 2. ковкие
  - 3. высокопрочные
- По структуре металлургической основы
  - 1. перлитные (С=0,8%)
  - 2.феррито-перлитные (С<0,8%)
  - 3.ферритные (С>0,8%)

Где С – содержание связанного углерода. Остальной углерод находится в свободном состоянии в виде пластин или хлопьев



Белые чугуны

- ***Белыми*** называют чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита Fe_3C .

  В зависимости от содержания углерода подразделяют на

- эвтектические (C=4,3%);
- доэвтектические (C=2,14 – 4,3%);
- заэвтектические (C=4,3-6,67%)

Микроструктура белых чугунов

Белый чугун

- Маркировка БЧ**30**

Цементит придает излому чугуна блеск, а графит - серый цвет. Поэтому чугун, в котором весь углерод находится в связанном состоянии, получил название **белого чугуна**.
Большая твердость из-за цементита и хрупкие. Для изготовления деталей машин не используются.
Белый чугун используется для получения ковкого чугуна с помощью графитизирующего отжига.
Стоек к истиранию, используется для валков прокатных станов, колес, шаров для мельниц, тормозных колодок.

Серые чугуны

- ***Серыми*** называют чугуны, в которых большая часть углерода находится в свободном состоянии в виде графита пластинчатой формы. Излом такого чугуна из-за наличия графита имеет серый цвет.

- Серый чугун это сплав железа, кремния (от 1,2- 3,5 %) и углерода, содержащий также постоянные примеси Mn, P, S.
- Являются одним из основных машиностроительных материалов.
- Имеют хорошую демпфирующую (звуко- и вибропоглощающую) способность, высокие антифрикционные свойства.

- По виду металлической основы различают:
  - ферритный чугун со структурой «феррит+графит» и количеством связанного углерода менее 0,025% (рис. 2а);
  - ферритно-перлитный чугун со структурой «феррит+перлит+графит» и количеством связанного углерода от о,о25 до 0,8% (рис.2б);
  - перлитный чугун со структурой «перлит+графит» и количеством связанного углерода 0,8% (рис.2в).

Серый чугун

Включения графита имеют форму пластин

Нетравленый шлиф

Получению серого чугуна способствуют:
- повышенное содержания кремния;
- медленное охлаждение.
Химический состав:
2,9-3,7% C, 1,2-2,6%Si, 0,5-1,1%Mn

Серый перлитный

Серый ферритно-перлитный

Серый ферритный

СЧ20
Предел прочности на разрыв (200 МПа)
Серый чугун

Применяется серый чугун для изготовления слабонагруженных деталей, работающих в легких условиях. **Например,** корпуса редукторов, насосов, электродвигателей, различные крышки, отопительные батареи и т.п.

Механические свойства серых чугунов

Чугун	$\sigma_в$, МПа	НВ	Структура металлической основы
Сч15	150	163—229	Феррит
Сч25	250	180—250	Феррит + перлит
Сч40	400	207—285	Перлит
Сч45	450	229—289	»

Ковкий чугун

- **Ковкими** называют чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму.

По структуре металлической основы ковкие чугуны бывают

- ферритными,
- Феррито-перлитными
- перлитными.

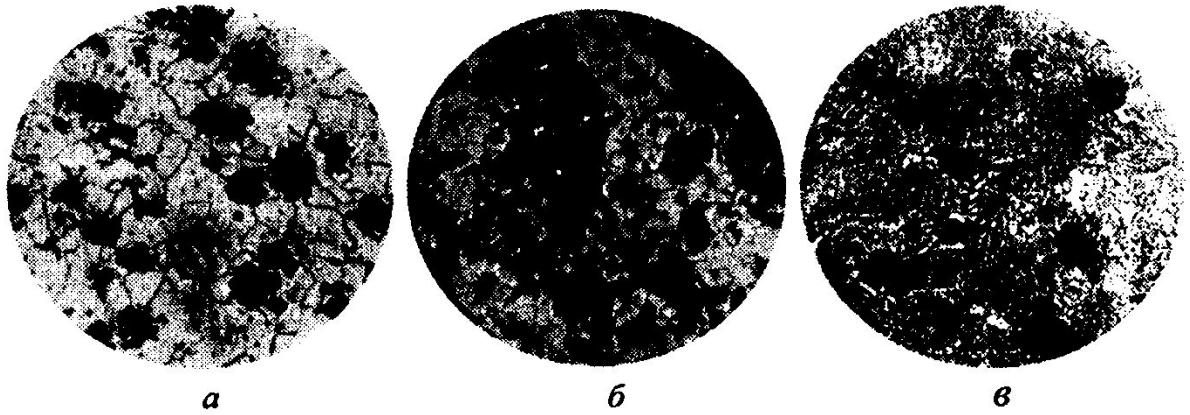
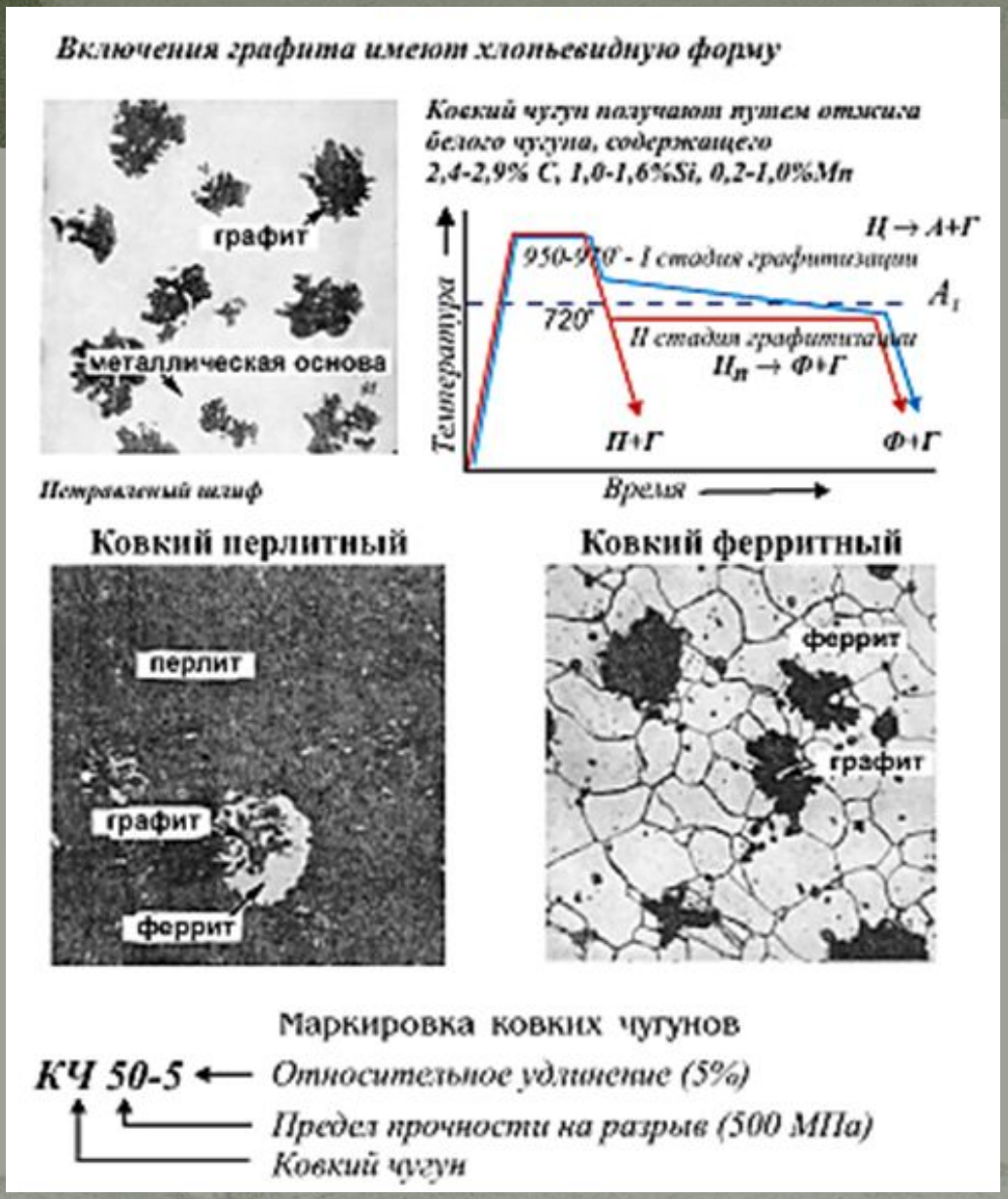


Рис. 4.11. Микроструктуры ковких чугунов, ×200:
а — ферритный ковкий чугун, *б* — феррито-перлитный ковкий чугун, *в* — перлитный ковкий чугун

Ковкий чугун



Ковкий чугун получают длительным отжигом белого чугуна, в результате которого образуется графит хлопьевидной формы. Ковкий чугун имеет повышенную пластичность и вязкость.

Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготовляют детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т. д.

Механические свойства ковких чугунов

Чугун	$\sigma_в$, МПа	δ, %	НВ	Структура металлической основы
Кч30-6	300	6	100—163	Феррит + 10—3% перлита
Кч37-12	370	12	110—163	»
Кч60-3	600	3	200—269	Перлит + 20—0% феррита
Кч80-1,5	800	1,5	270—320	»

Высокопрочный чугун

- **Высокопрочными** называют чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму. Их получают путём модифицирования магнием.
- По структуре металлической основы высокопрочный чугун может быть:

- ферритным;
- ферритно-перлитным;
- перлитным.

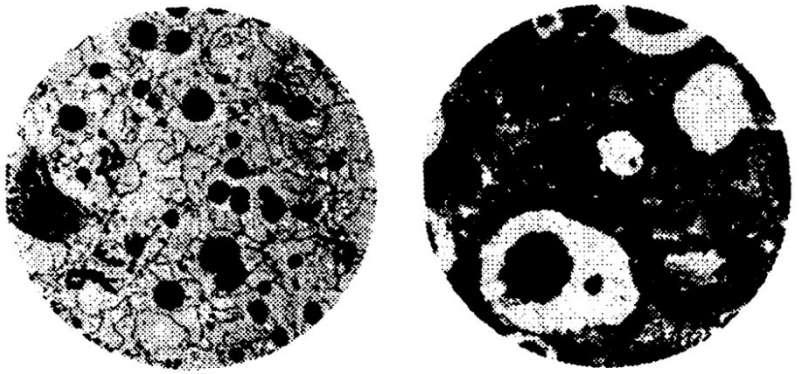


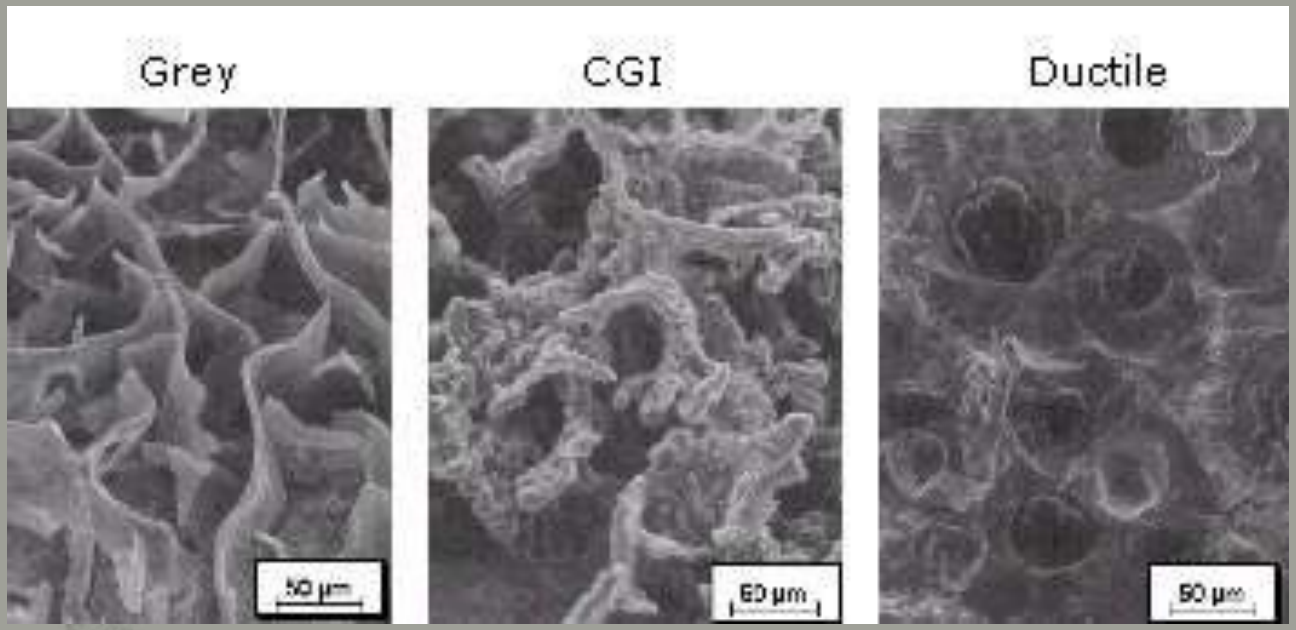
Рис. 4.10. Микроструктуры высокопрочных чугунов, ×100:
а — высокопрочный чугун на ферритной основе;
б — высокопрочный чугун на феррито-перлитной основе

Высокопрочный чугун,

- **Высокопрочный чугун** имеет в своей структуре шаровидный графит, который образуется в процессе кристаллизации. Шаровидный графит ослабляет металлическую основу не так сильно как пластинчатый, и не является концентратором напряжений.

Чугун с вермикулярным графитом

Вермикулярный графит (лат. vermiculus — червячок) — микроструктурная составляющая чугуна, носящего название чугуна с вермикулярным **графитом** (ЧВГ). Червеобразная форма вермикулярного **графита** определяется обработкой жидкого чугуна активными модификаторами Mg, Ca, Ce и других, и условиями кристаллизации.



Маркировка: **ЧВГ** 45 (450 МПа) включает в себя цифровое обозначение минимального значения временному сопротивлению разрыву при растяжении, в МПа*10^{-1}

Область применения чугуна

- Чугун широко используется при производстве изделий различного назначения. Главные качества чугуна – дешевизна, хорошие литейные качества, прочность и твёрдость.

- Чугун используется там, где необходимо получить детали сложной формы и достаточной прочности. Например – станины станков, корпусные детали или художественные чугунные ограды.

- В автомобильной промышленности из чугуна получают блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания (на современном производстве используют чугун с вермикулярным графитом), а также коленчатые валы дизельных двигателей.